

Толстов А.В., Баранов Л.Н.

НИГП АК АЛРОСА (ПАО)

**Новый взгляд на Томтор
как сырьевую базу металлов
высоких технологий**

Москва, ВИМС

7-8 декабря 2021 г

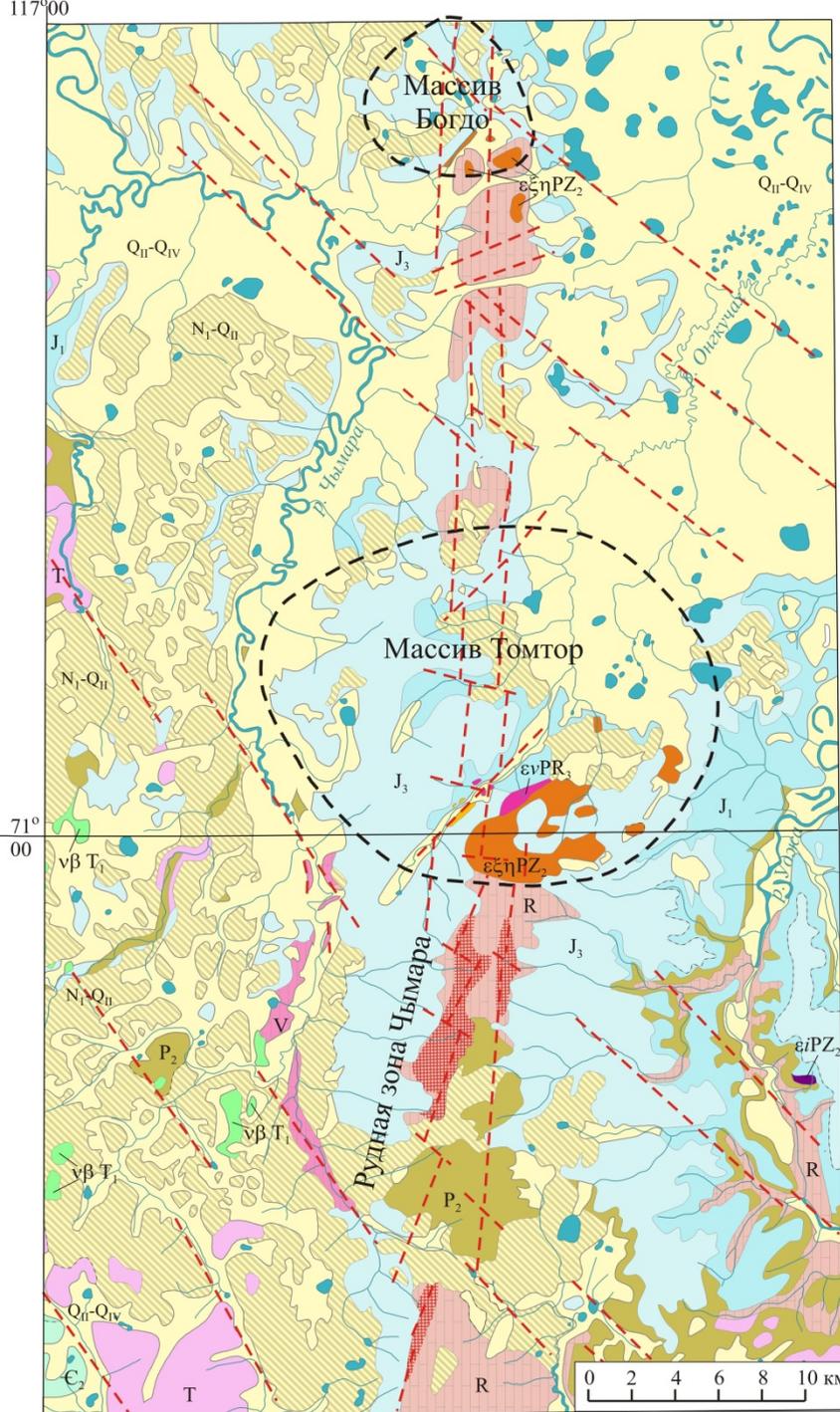
ГЛАВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТОМТОРСКОМУ МЕСТОРОЖДЕНИЮ ЗА 1990-2021 г.г.

1. Кравченко С.М., Беляков А.Ю., Кубышев А.И., Толстов А.В. **Скандиево-редкоземельно-иттриево-ниобиевые руды – новый тип редкометалльного сырья** \ ГРМ. 1990. Т. 32. № 1. С. 105-109.
2. Лапин А.В., Толстов А.В. **Окислительный и восстановительный этапы формирования зоны гипергенеза карбонатитов и их рудоносность** \ ГРМ. 1991. Т. 33. № 4. С. 81-91.
3. Толстов А.В., Гунин А.П. **Комплексная оценка Томторского месторождения** \ Вестник ВГУ. Серия: Геология. 2001. № 11. С. 144-160.
4. Мелентьев Г.Б., Самонов А.Е., Толстов А.В. **В ожидании промышленного освоения, или почему Томтор открывает огромные выгоды инвесторам и государству?** \ Химия и бизнес. 2013. № 5-6. С. 60-63.
5. Толстов А.В., Похиленко Н.П., Лапин А.В., Крюков В.А., Самсонов Н.Ю. **Инвестиционная привлекательность Томторского месторождения и перспективы ее повышения** \ Разведка и охрана недр. 2014. № 9. С. 25-30.
6. Похиленко Н.П., Крюков В.А., Толстов А.В., Самсонов Н.Ю. **Томтор как приоритетный инвестиционный проект обеспечения России собственным источниками редкоземельных элементов** \ ЭКО. 2014. № 2 (476). С. 22-35.
7. Делицын Л.М., Мелентьев Г.Б., Толстов А.В., Магазина Л.А., Самонов А.Е., Сударева С.В. **Технологические проблемы Томтора и их решение** \ Редкие земли. 2015. № 2 (5). С. 164-179.
8. Крюков В.А., Толстов А.В., Афанасьев В.П., Самсонов Н.Ю., Крюков Я.В. **Обеспечение российской промышленности высокотехнологичной сырьевой продукцией на основе гигантских месторождений Арктики – Томторского ниобий-редкоземельного и Попигаевского сверхтвердого абразивного материала** \ В сб.: Север и Арктика в новой парадигме мирового развития. Лузинские чтения - 2016. С. 204-206.
9. Похиленко Н.П., Крюков В.А., Толстов А.В., Самсонов Н.Ю. **Создание сильной редкоземельной промышленности в России: без госкорпораций не осилить** \ ЭКО. 2016. № 8 (506). С. 25-36.
10. Похиленко Н.П., Толстов А.В., Афанасьев В.П., Самсонов Н.Ю. **Обоснование механизма доминирующего государственного участия в освоении ресурсов высоколиквидных полезных ископаемых Арктики** \ Арктика: экология и экономика. 2017. № 1 (25). С. 8-18.
11. Толстов А.В., Похиленко Н.П., Самсонов Н.Ю. **Новые возможности получения редкоземельных элементов из единого арктического сырьевого источника** \ Журнал СФУ. Серия: Химия. 2017. Т. 10. №1. С. 125-138.
- Самсонов Н.Ю., Крюков Я.В., Яценко В.А., Толстов А.В. **Редкоземельное сырье Томтора: есть ли компромисс между экологией и социально-экономическими эффектами?** \ Разведка и охрана недр. 2018. № 9. С. 61-67.
12. Толстов А.В., Черенков В.Г., Баранов Л.Н. **Генезис и возраст рудной толщи Томторского месторождения ниобия и редких земель Северо-Востока Сибирской платформы** \ Руды и металлы. 2020. № 4. С. 32-44.
13. Добрецов Н.Л., Жмодик С.М., Лазарева Е.В., Брянская А.В., Пономарчук В.А., Сарыг-оол Б.Ю., Кириченко И.С., Толстов А.В., Карманов Н.С. **Структурно-морфологические признаки участия микроорганизмов в формировании богатых Nb-REE руд Томторского месторождения (Россия)** \ Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2021. Т. 496. № 2. С. 154-157.



ТОМТОР на карте Западной Якутии

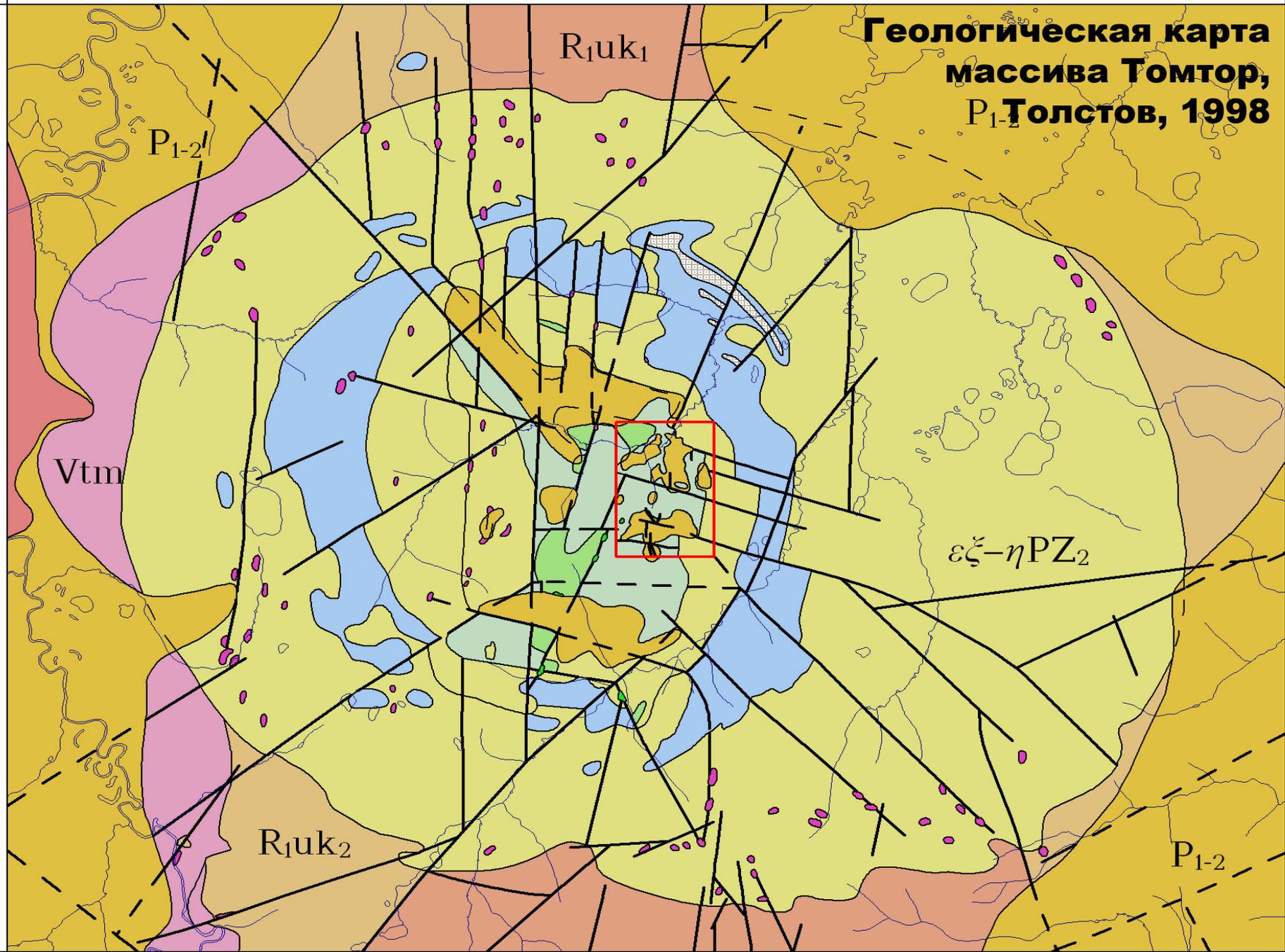
В 30 км к северу от массива Томтор известен подобный массив Богдо, а также не вскрытые Чюемпе, Буолкалах и Уэле и РЗ зона Чымара. Из них слабо изучен только массив Богдо и частично зона Чимара, остальные объекты не вскрыты горно-буровыми работами, что повышает перспективы района.



Условные обозначения

- $Q_{II}-Q_{IV}$ Четвертичные отложения
- N_1-Q_{II} Плиоцен-среднечетвертичные отложения. Аллювиальные супеси, пески, галечники.
- J_3 } Юрская система. Морские отложения:
- J_1 } алеволиты, песчаники, известняки, конгломераты, глины.
- T Триасовая система. Туфы основного состава, базальты.
- P_2 Пермская система, верхний отдел. Песчаники, алеволиты, угли, глины.
- ϵ_2 Кембрийские отложения, преимущественно известняки.
- V Венд. Преимущественно доломиты.
- R Рифей. Преимущественно доломиты.
- $v\beta T_1$ Интрузии, штоки, дайки долеритов.
- $\epsilon_i PZ_2$ Молодо-Уджинский интрузивный комплекс
- $\epsilon_i PZ_2$ Щелочно-ультраосновные породы (альнеиты, щелочные пикриты и др.)
- $\epsilon\epsilon\eta PZ_2$ Щелочные нефелиновые сиениты
- $\epsilon\nu PR_2$ Фиодолиты (нефелин-пироксенитовые породы)
- Гидротермально-изменённые породы.
- Основные разрывные нарушения
- Границы щелочных массивов

**Геологическая карта
массива Томтор,
P₁₋₂ Толстов, 1998**



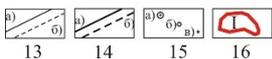
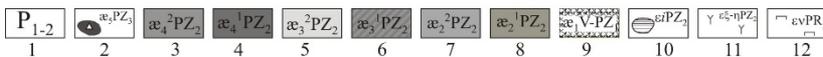
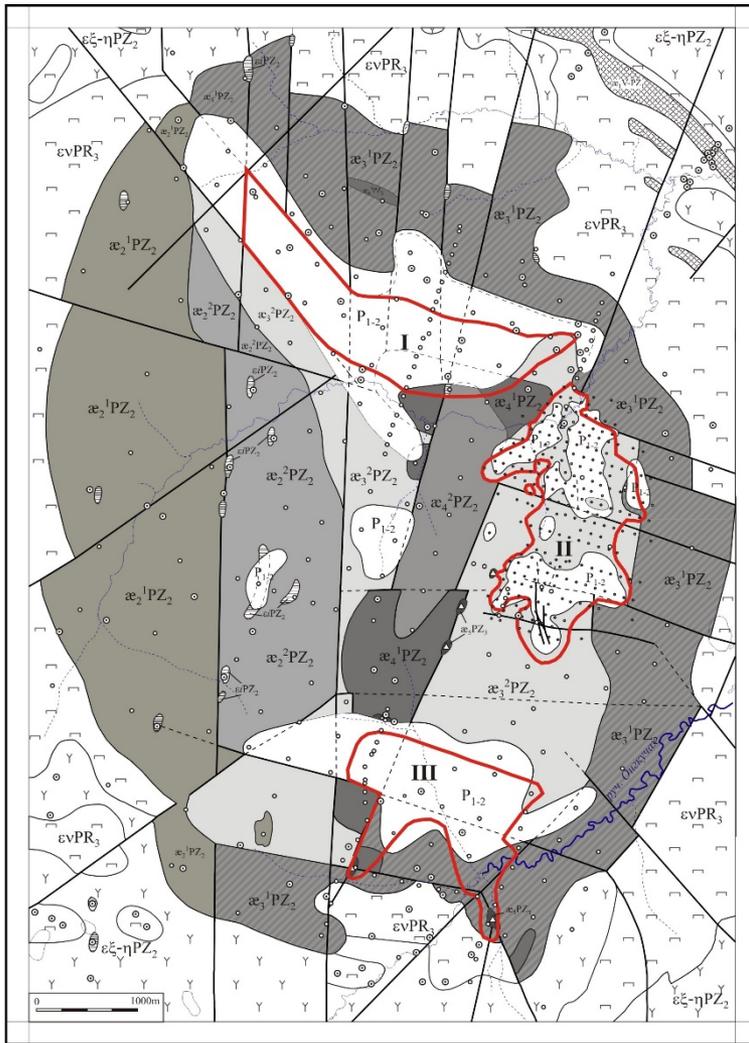
Томторское рудное поле

Участки:

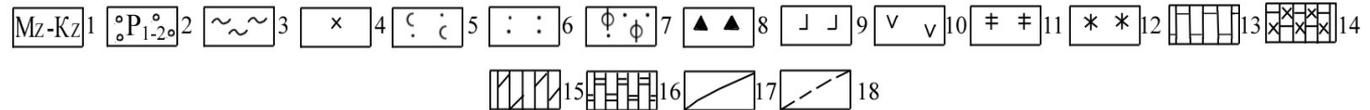
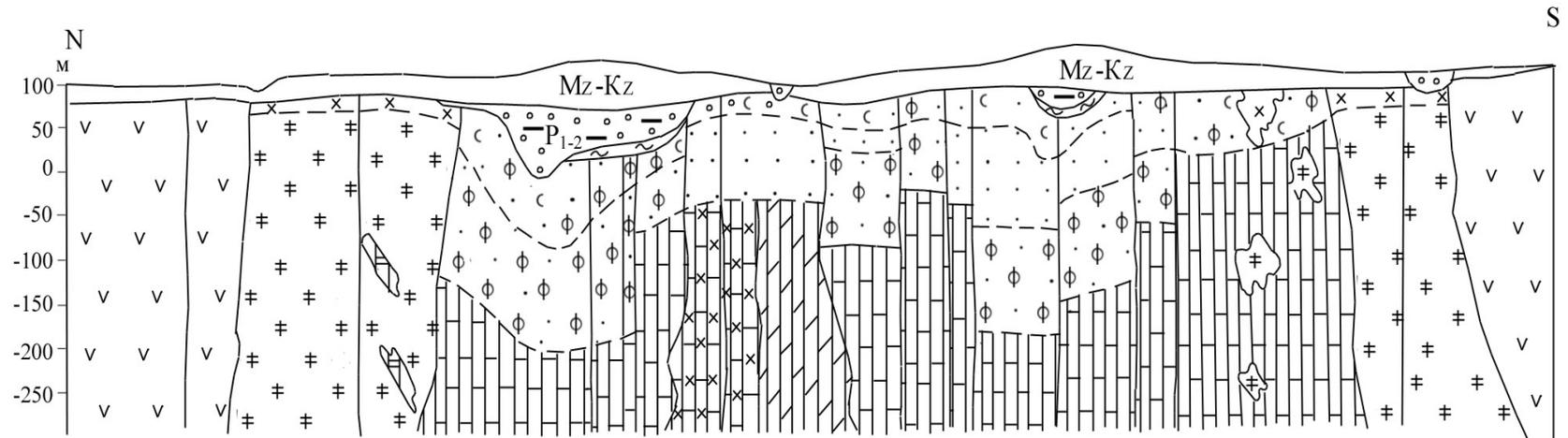
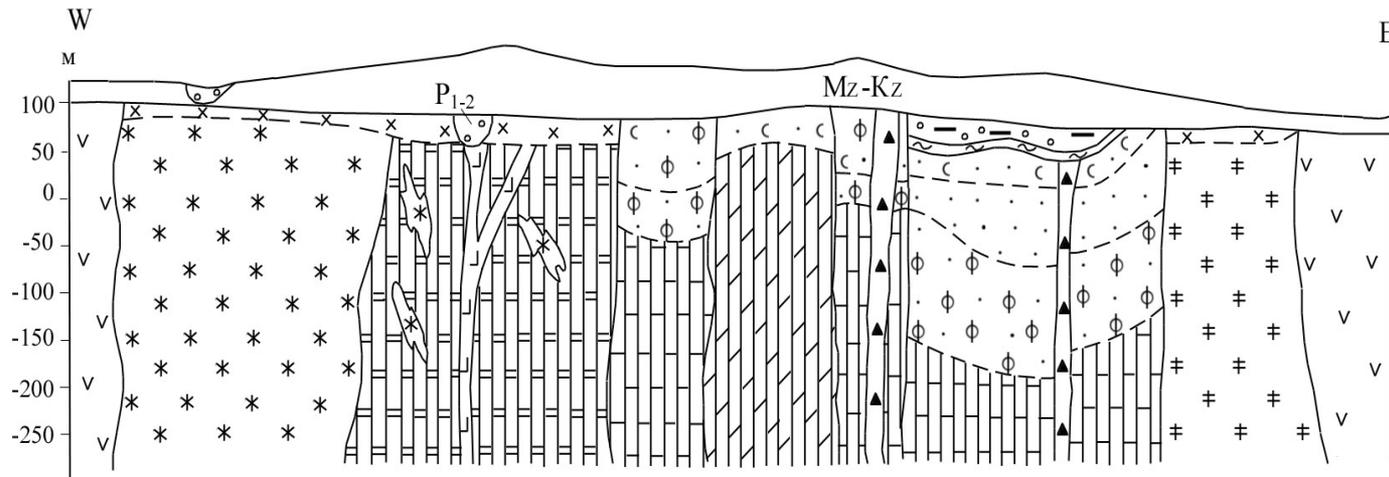
I - Северный,

II - Буранный

III - Южный



Геологические разрезы массива Томтор





**Пироклор-монацит-крандаллитовая руда.
Участок Буранный, 2014 г.**

Технологический регламент пироклор-монацит-крандаллитовых руд Томторского месторождения гарантирует получение **10 товарных продуктов:**

- технического Nb₂O₅, 95%, НБО-М, ГОСТ 23620-79;
- диоксида титана (пигментного), 99,9%;
- оксида скандия, 99,9%, ТУ 95.148-77;
- оксида европия, 99,99% ОСТ 48-199-81;
- оксида церия, 99,9% ОСТ 48-195-81;
- оксида неодима, 99,9% ОСТ 48-197-81;
- оксида иттрия, 99,9% ОСТ 18-208-81;
- оксида самария, 96%;
- оксида лантана, 99,99%;
- оксида празеодима, 96%.

Уникальность технологии

В полезную переработку из руды Томтора вовлекается 75% исходных компонентов, из-за чего нет необходимости предварительного обогащения руды.

Дальнейшие работы (Кузьмин В.И., ИХХТ, Красноярск, 2000-2010 г.г., ВИМС, 2014-2020 г.г.) показали возможность увеличения количества товарных продуктов и их ассортимента, среди которых главную ценность представляют индивидуальные оксиды средних и тяжелых РЗЭ, и это говорит о **новых возможностях** получения практически всех РЗЭ из одного сырьевого источника.

К настоящему времени специалистами ИХХТ (г. Красноярск) проведены лабораторные исследования, расширяющие линейку до 20 товарных продуктов, включая индивидуальные РЗЭ различной степени чистоты.

Существуют возможности совершенствования технологии

- Делицын Л.М., Мелентьев Г.Б., Толстов А.В., Магазина Л.А., Самонов А.Е., Сударева С.В. **Технологические проблемы Томтора и их решение** // Редкие земли. 2015. № 2 (5). С. 164-179.

- Шепелев Н.В., Набиев К.Ф., Толстов А.В., Лобарев И.В. **Использование РЗМ для легирования стали при электрошлаковом литье** // Актуальные вопросы получения и применения РЗМ-2015. Сб. м-лов международной научно-практической конференции. 2015. С. 172-178.

- Шепелев Н.В., Толстов А.В., Набиев К.Ф. **Особенности влияния церия на свойства сплава** // Актуальные вопросы получения и применения РЗМ и РМ-2017. Сб. м-лов межд. Науч.-практ. конференции. 2017. С. 267-269.

Kuzmin V.I., Kuzmina V.N., Zhizhaev A.M., Gudkova N.V., Kuzmin D.V., Mulagaleeva M.A., Flett D.S., Tolstov A.V., Logutenko O.A. **The Composition, chemical properties, and processing of the unique niobium-rare earth ores of the Tomtor deposit** // В сб.: IMPC 2016 - 28th International Mineral Processing Congress. Conference proceedings. 2016.

Стоимость товарной продукции руд

За последние 10 лет стоимость продукции в 1 т. руды варьировала **от 2х до \$ 5 тыс.**, достигая на некоторых временных отрезках по некоторым авторам [Мелентьев, Самонов, 2009] **\$ 8,5 тыс.**

После китайского фактора она **превысила \$10 тыс.** по состоянию на 01.01.2014г.

Сегодня ввиду нестабильности цен на РЗЭ она варьирует в диапазоне **\$ 5-15 тыс.** кардинально завися от ассортимента получаемой товарной продукции.

Объемы добычи диктуются потребностями рынка и составляют **от 10 до 100 тыс. т. в год** с учетом потребностей отечественного рынка **и до 200 т.т.** – с учетом возможного выхода на мировой рынок.

ПУТИ ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ТОМТОРА как источника благородных металлов

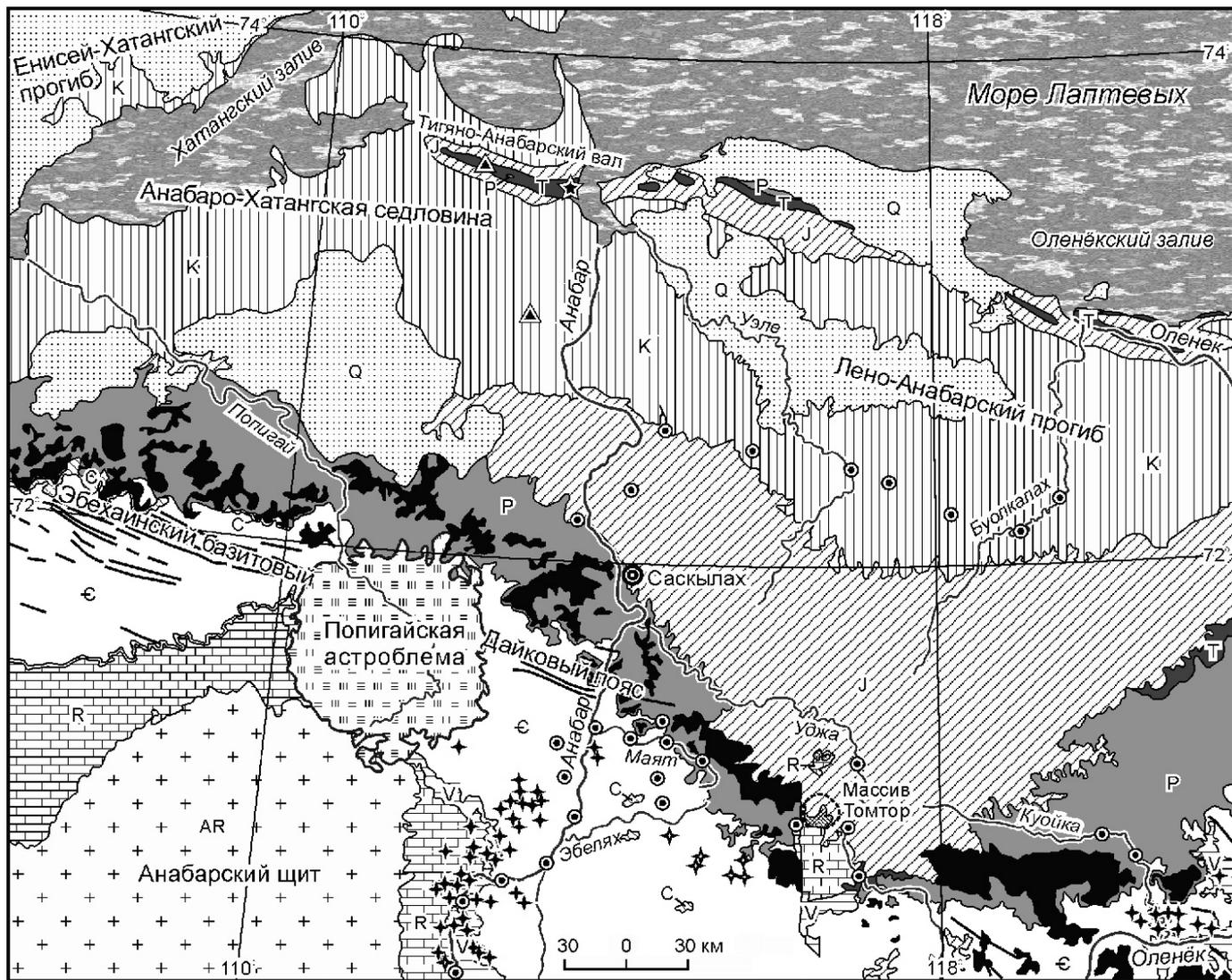
Помимо колоссальных ресурсов РЗМ и ниобия, связанных с Томтором на сегодняшний день в районе имеются россыпные месторождения алмазов, которые успешно эксплуатируются более 20 лет с попутными проявлениями в них россыпного золота и МПГ.

Концентрации их на отдельных участках алмазных россыпей достигают 0,2-0,5 г/м³, имея даже локально промышленные значения (2 и более г/м³) при соотношении Au-Pt 1:1 – 2:1.

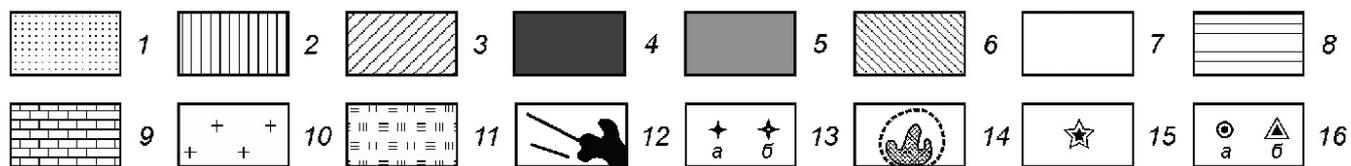
Сегодня они являются объектом попутного извлечения при добыче алмазов из россыпей. Это имеет прямое отношение к Томтору, и об этом чуть подробнее:

Вопрос коренного источника золота и платины,

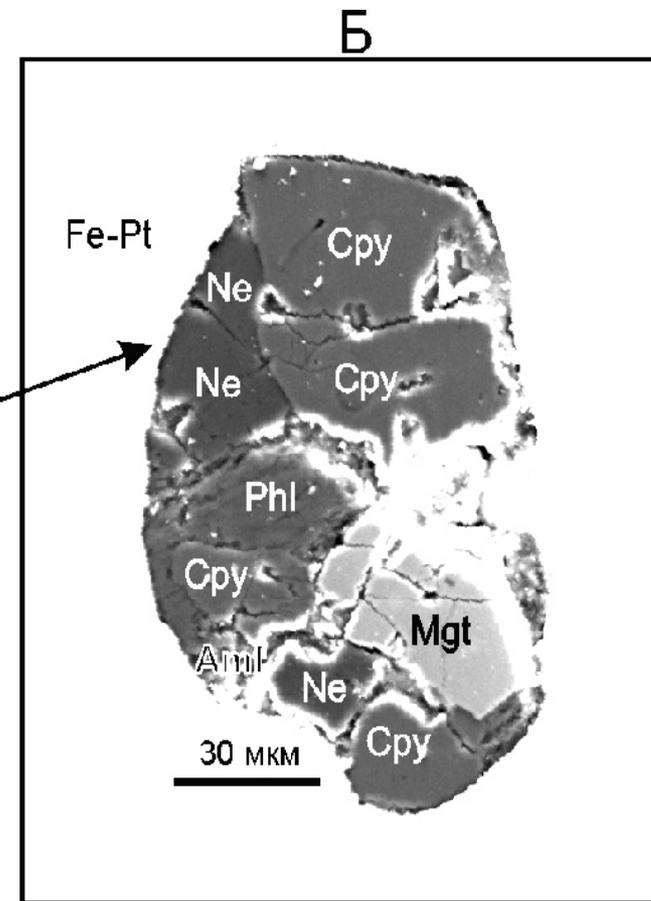
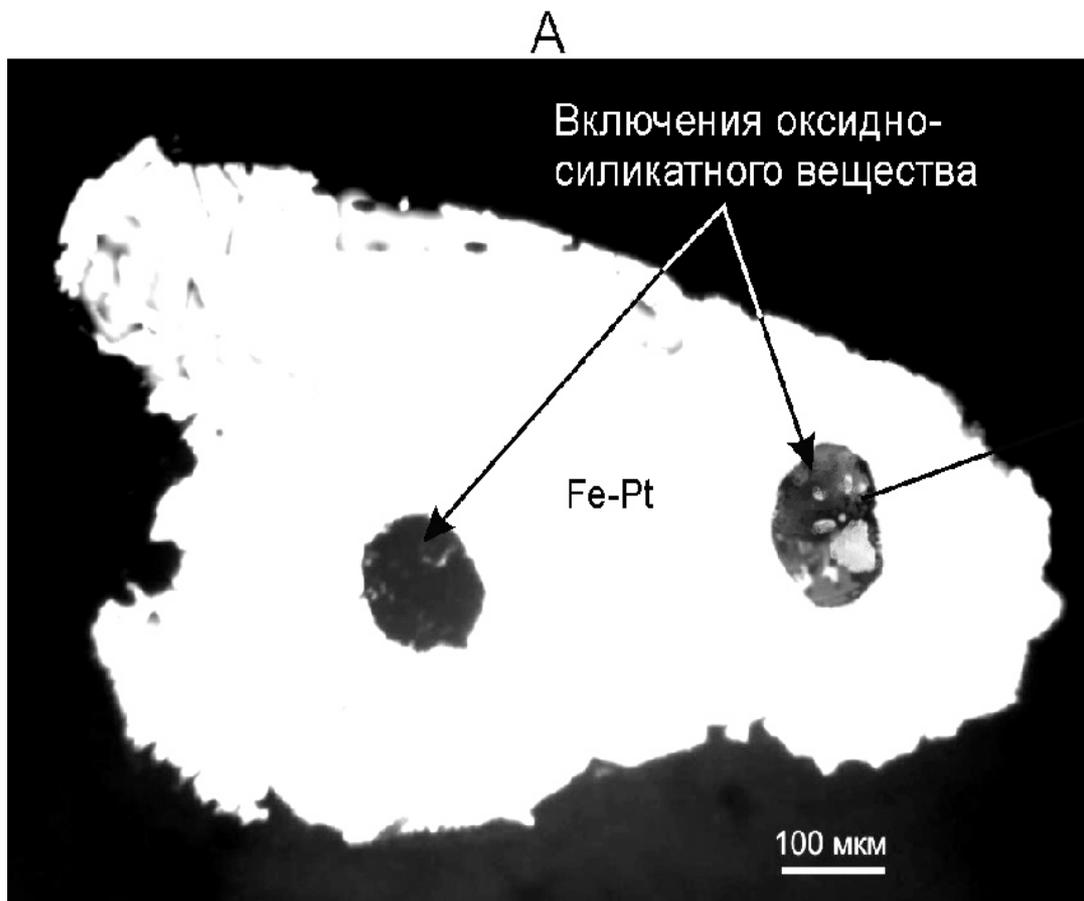
как, впрочем, и коренного источника алмазов на Севере Якутии остается весьма дискуссионным. Ранее нами обоснованы предпосылки выявления коренных источников золота и платины, в качестве которых рассматривались традиционные типы месторождений кварцевого и медно-молибденового типов для золота, сульфидного Cu-Ni оруденения норильского типа, а также нетрадиционного коренного источника МПГ – в кембрийских битуминозных сланцах, развитых по всему Северу Сибири. Это находит подтверждение дальнейшими исследованиями. Однако...



**Находки
минералов
группы платины
на СЗ Якутии
(схема по [2])**



Результаты изучения состава золота и МПГ и особенностей их распространения в пределах Севера Сибирской платформы, полученные за последние годы, свидетельствуют о приуроченности их коренного источника к с-в склону Анабарской антеклизы, что высказывалось нами ранее. Включения силикатного вещества в зернах платины - **нефелина, пироксена, титаномагнетита и флогопита** - типичны для породообразующих минералов УЦК (рис. по [2]), что недвусмысленно указывает на их **прямую связь с УЦК**.



Таким образом, в качестве **коренных источников платины** стоит рассматривать крупные массивы йолит-карбонатитовой формации Томтор и Богдо. До сих пор при их изучении основное внимание уделялось уникальному Nb-TR оруденению в зоне гипергенеза. Единичные определения концентраций платиноидов в ультраосновных породах Томтора (пикриты, альнеиты) не выявили значительных концентраций. В последние десятилетия видными российскими учеными обоснована идея о новом коренном источнике МПГ, связанном со щелочными комплексами Уджинского поднятия и всего Севера Сибирской платформы.

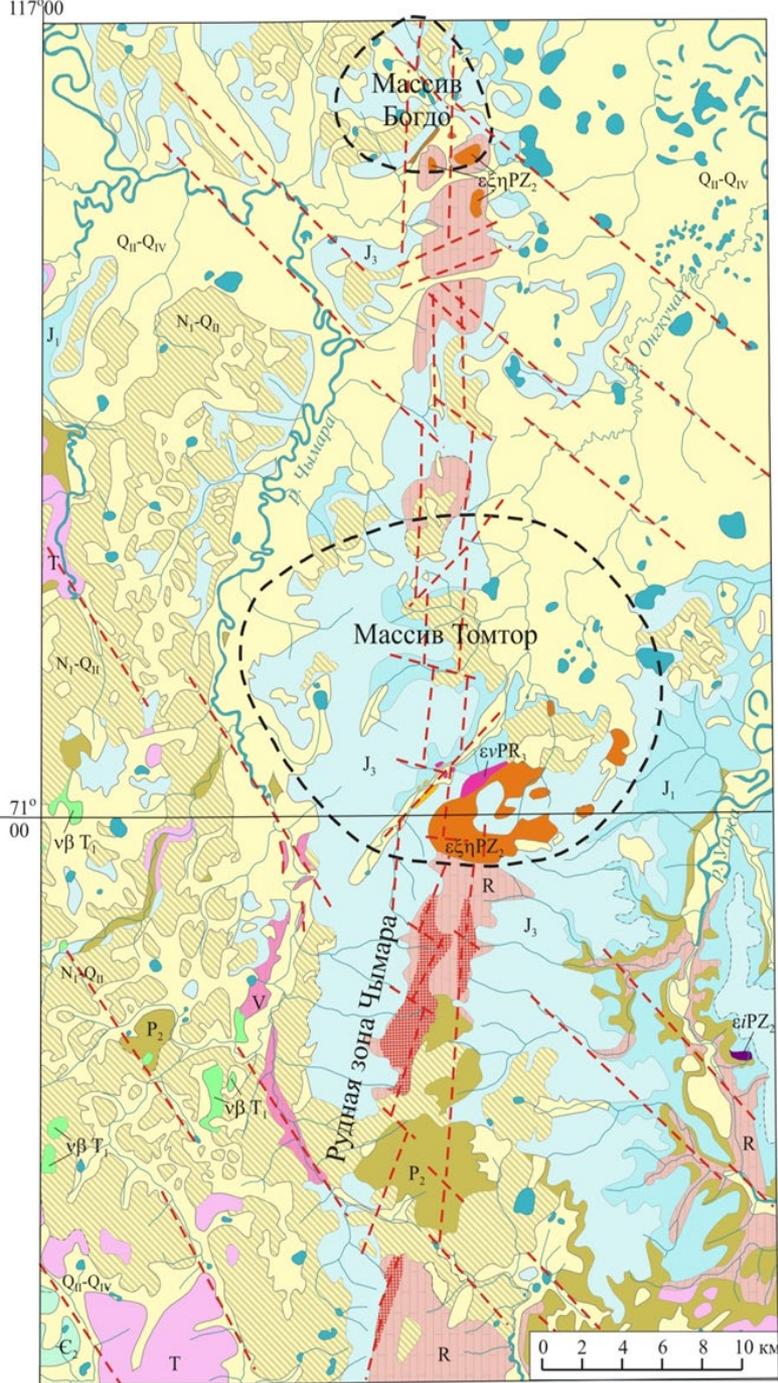
Жмодик С., Добрецов Н., Лазарева Е., Белянин Д., Толстов А., Карманов Н.

ЗОЛОТО И СЕРЕБРО В ЩЕЛОЧНЫХ ПОРОДАХ МАССИВА БОГДО (АРКТИЧЕСКАЯ СИБИРЬ) В сб.: Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока

России. материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. СВФУ им. М.К. Аммосова, Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, АН РС (Я), ЯО РМО. 2020. С. 201-205.

Баранов Л., Толстов А., Округин А. **БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ В ЩЕЛОЧНЫХ ПОРОДАХ И КАРБОНАТИТАХ** В сб.: Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-

Востока России. материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, ИГАБМ СО РАН, АН РС(Я), ЯО РМО. 2020. С. 188-192.



Условные обозначения

- $Q_{II}-Q_{IV}$ Четвертичные отложения
- N_1-Q_{II} Плиоцен-среднечетвертичные отложения. Аллювиальные супеси, пески, галечники.
- J_3 Юрская система. Морские отложения: алевриты, песчаники, известняки, конгломераты, глины.
- J_1 Юрская система. Морские отложения: алевриты, песчаники, известняки, конгломераты, глины.
- Т Триасовая система. Туфы основного состава, базальты.
- P_2 Пермская система, верхний отдел. Песчаники, алевриты, угли, глины.
- C_2 Кембрийские отложения, преимущественно известняки.
- V Венд. Преимущественно доломиты.
- R Рифей. Преимущественно доломиты.
- $v\beta T_1$ Интрузии, штоки, дайки долеритов.
- Молодо-Уджинский интрузивный комплекс
- $\epsilon i PZ_1$ Щелочно-ультраосновные породы (альнешиты, щелочные пикриты и др.)
- $\epsilon \epsilon \eta PZ_2$ Щелочные нефелиновые сиениты
- $\epsilon v PR_1$ Фиодолиты (нефелин-пироксенитовые породы)
- Гидротермально-изменённые породы.
- Основные разрывные нарушения
- Границы щелочных массивов

Это направление **весьма перспективно** и расширяет рудный прогнозный потенциал УЦК Уджинской провинции на благородные металлы. Данная задача представляется нам **весьма актуальной**, и она начата в СО РАН (ИГМ, ИГАБМ) и ПАО АЛРОСА. Первоочередными объектами являются массивы Томтор и Богдо. Наличие не вскрытых под чехлом мезо-кайнозойских отложений массивов УЦК (Чюэмпе, Уэле, Буолкалах) многократно повышает перспективы коренной платиноносности всего Севера Сибири.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ по благороднометальной тематике Томтора

- 1. Shpunt B.R. Platinum Minerals in Quarternary sediments between Anabar and Olenek rivers // International Geology Review. 1972. Т. 14. № 6. С. 655-657.
- 2. Когарко Л.Н., Уханов А.В., Никольская Н.Е. Новые данные о содержании элементов группы платины в горных породах ийолит-карбонатитовой формации (массивы Гули и Кугда, Маймеча-Котуйская провинция, Полярная Сибирь) // Геохимия. 1994. №1, с. 1568-1577.
- 3. Толстов А.В. Минералогия и геохимия золота СЗ Якутии и перспективы золоторудности Анабарского щита // Вестник ВГУ, Воронеж, 1999, №8, с.194-197.
- 4. Толстов А.В. Перспективы платиноносности Анабарской антеклизы // Вестник Госкомгеологии (М-лы по геологии и полезным ископаемым РС(Я), Якутск, 2001, №1, с. 82-87.
- 5. Толстов А.В. Перспективы золотоносности Анабарской антеклизы // Вестник Госкомгеологии. 2002. № 1. С. 44-49.
- 6. Толстов А.В. Главные рудные формации севера Сибирской платформы. М.: ИМГРЭ, 2006, 212 с.
- 7. Округин А.В., Зайцев А.И., Борисенко А.С., Земнухов А.Л., Иванов П.О. Золотоплатиноносные россыпи бассейна р. Анабар и их возможная связь с щелочно-ультраосновными магматитами севера Сибирской платформы // Отечественная геология, 2012, №5, С. 11-20.
- 8. Tolstov A.V. Platinum prospects of alkaline rocks of Udsha province (NW of Yakutia), 30-h Intern. // Conference on Ore Potential of Alkaline, Kimberlite and Carbonatite Magmatism, Antalia, 2014, p.196-197.
- 9. Толстов А.В., Баранов Л.Н., Лазарева Е.В., Карманов Н.С. Первые данные о благороднометальном оруденении массива Томтор // В сб.: Геология и мин.-сырьевые ресурсы СВ России. 2017. С. 462-467.
- 10. Баранов Л., Толстов А., Округин А. Благородные металлы в щелочных породах и карбонатитах // В сб.: Геология и минерально-сырьевые ресурсы СВ России. М-лы X Всеросс. Науч.-практ. Конф. с межд. уч. СВФУ им. М.К. Аммосова, ИГАБМ СО РАН, АН РС(Я), ЯО РМО. 2020. С. 188-192.
- 11. Жмодик С., Добрецов Н., Лазарева Е., Белянин Д., Толстов А., Карманов Н. Золото и серебро в щелочных породах массива Богдо (Арктическая Сибирь) // В сб.: Геология и минерально-сырьевые ресурсы СВ России. М-лы X Всеросс. Науч.-практ. Конф. с межд. уч. СВФУ им. М.К. Аммосова, ИГАБМ СО РАН, АН РС(Я), ЯО РМО. 2020. С. 201-205.
- 12. Округин А., Толстов А., Баранов Л., Земнухов А. Лено-Анабарская благородно-редкометалльно-алмазонасная металлогеническая провинция // В сб.: Геология и минерально-сырьевые ресурсы СВ России. М-лы X Всеросс. Науч.-практ. Конф. с межд. уч. СВФУ им. М.К. Аммосова, ИГАБМ СО РАН, АН РС(Я), ЯО РМО. 2020. С. 279-284.

**СПАСИБО
ЗА
ВНИМАНИЕ!**

